

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ АРГОНА  
В ДИАПАЗОНЕ 450–850 нм*Г. Н. Герасимов, С. Я. Петров, И. Л. Сабирова*

В спектре послесвечения аргона обнаружены линии, соответствующие испусканию из  $4p$ - и  $4p'$ -состояний, заселение которых происходит в результате диссоциативной рекомбинации.

В последние годы большое внимание исследователей привлекает изучение распадающейся плазмы инертных газов, в частности рекомбинационных процессов, протекающих в ней. Попытки объяснить наблюдаемые высокие скорости рекомбинации при давлениях, превышающих несколько тор, привели к появлению и развитию теории так называемой диссоциативной рекомбинации [1]. Необходимым условием для ее осуществления является наличие в плазме двухатомных молекулярных ионов.

Экспериментальные исследования [2, 3] подтвердили наличие молекулярных ионов в распадающейся плазме инертных газов. Исследование контуров линий [4] в спектрах послесвечения аргона и неона обнаружило доплеровское уширение длинноволновых линий аргона 696.5, 706.7, 738.3, 763.5, 794.8 нм, а также 22 линий неона в диапазоне длин волн 585–672 нм. Это уширение, по мнению авторов [4], вызвано переходом энергии диссоциации молекулы в кинетическую энергию продуктов реакции — возбужденного и нормального атомов.

Образование двухатомных молекулярных ионов связано с основным с реакцией конверсии по трехтельной схеме, поэтому с ростом давления роль диссоциативного процесса рекомбинации должна возрастать.

Коэффициент скорости конверсии атомарных ионов аргона в молекулярные при температуре 300 К составляет  $1.46 \cdot 10^{-31} \text{ см}^6 \cdot \text{с}^{-1}$  [5], следовательно, уже при давлениях 2–5 тор в распадающейся плазме аргона роль молекулярных ионов должна быть заметной. Изменение характера деионизации плазмы с ростом давления должно проявиться в изменении спектра послесвечения: в случае селективного заселения возбужденных состояний диссоциативной рекомбинацией яркость соответствующих линий должна увеличиться. Обнаружение таких переходов и являлось целью настоящей работы.

Нами исследовался спектр послесвечения аргона в диапазоне 450–850 нм и его изменения с давлением. Опыты проводились при давлениях от 0.3 до 8.0 тор. Установка, на которой проводился эксперимент, описана ранее [6]. Аргон возбуждался в стеклянной трубке диаметром 34 мм, длиной 40 см, электрическим разрядом: на электроды трубки подавался импульс напряжения амплитудой до 3 кВ с частотой 100 гц. Послесвечение выделялось с помощью синхронного модулятора, установленного перед входной щелью спектрографа ИСП-51.

Регистрация спектра послесвечения на выходе спектрографа осуществлялась фотографическим и фотоэлектрическим методами. Для фотографической регистрации спектров использовались два типа пленки: И-810 и КН-3. Яркость линий регистрировалась с помощью фотоумножителя ФЭУ-79. Использование стробоскопической схемы регистрации позволяло

Длина волны, нм	Переход	Длина волны, нм	Переход
451.1	$4s' [1/2]_1^0 - 5p [1/2]_0$	763.5*	$4s [3/2]_2^0 - 4p [3/2]_2$
470.2	$4s' [1/2]_1^0 - 5p [1/2]_1$	772.4*	$4s' [1/2]_0^0 - 4p' [1/2]_1$
522.1	$4p [5/2]_3 - 7d [7/2]_4^0$	794.8*	$4s' [1/2]_0^0 - 4p' [3/2]_1$
549.6	$4p [5/2]_3 - 6d [7/2]_4^0$	800.6*	$4s [3/2]_1^0 - 4p [3/2]_2$
560.7	$4p [1/2]_1 - 5d [1/2]_1^0$	801.5*	$4s [3/2]_2^0 - 4p [5/2]_2$
588.9	$4p [5/2]_3 - 7s [3/2]_2^0$	810.4*	$4s [3/2]_1^0 - 4p [3/2]_1$
591.2	$4p [1/2]_1 - 4d' [3/2]_1^0$	811.5*	$4s [3/2]_2^0 - 4p [5/2]_3$
603.2	$4p [5/2]_3 - 5d [7/2]_4^0$	826.5*	$4s' [1/2]_1^0 - 4p' [1/2]_1$
604.3	$4p [5/2]_2 - 5d [7/2]_3^0$	840.8*	$4s [1/2]_1^0 - 4p' [3/2]_2$
738.4*	$4s [3/2]_1^0 - 4p' [3/2]_2$	842.5*	$4s [3/2]_1^0 - 4p [5/2]_2$
750.4*	$4s' [1/2]_1^0 - 4p' [1/2]_0$		

записывать изменение яркости спектральных линий во времени на самописце.

Исследовано около 80 переходов. Длины волн наиболее ярких линий спектра послесвечения представлены в таблице.

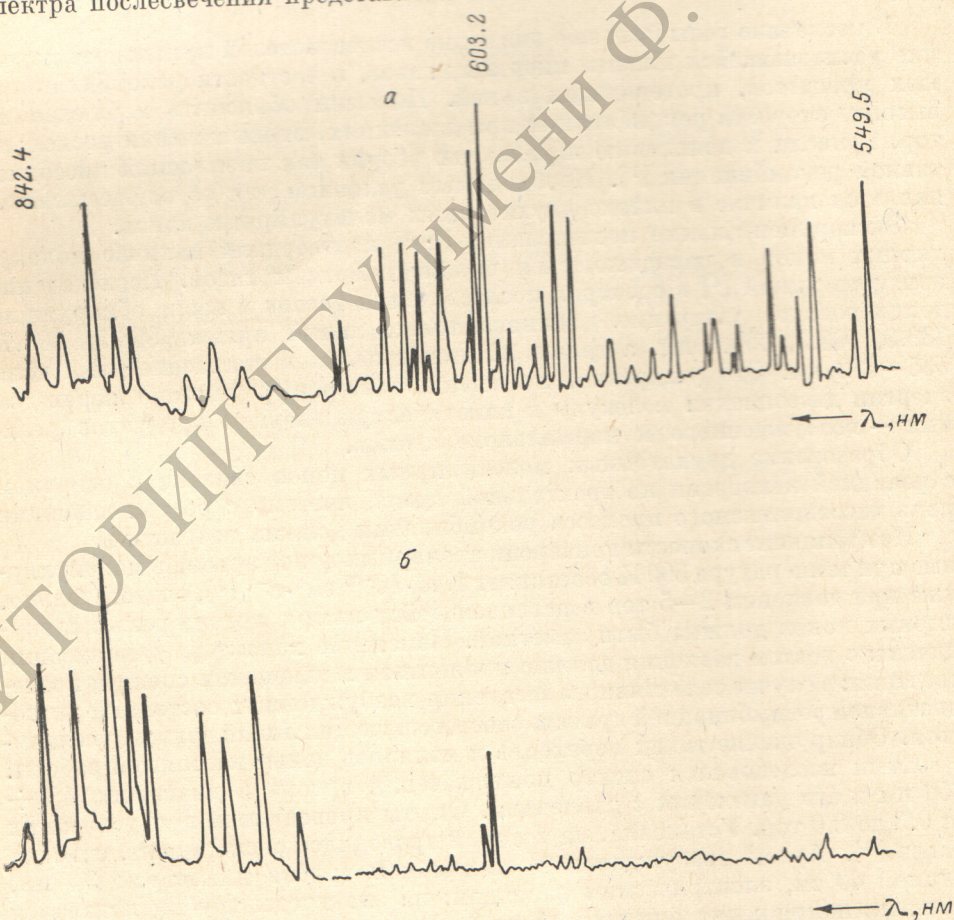


Рис. 1. Микрофотограммы спектра послесвечения аргона.

*p*, тор: а — 3, б — 6.0.

Регистрация спектра послесвечения при разных давлениях показала, что яркость исследуемых линий меняется по-разному. На рис. 1 представлены две микрофотограммы спектров послесвечения аргона при давлениях газа  $p = 0.3$  и  $6.0$  тор. Из рис. 1 видно, что яркость спектральных

линий, лежащих в интервале длин волн от 450 до 650 нм, уменьшается, а в интервале от 700 до 850 нм — увеличивается с ростом давления. Те линии, яркость которых в послесвечении увеличивается, в таблице отмечены звездочкой. Из таблицы видно, что эти линии соответствуют переходам с уровней  $4p'$  и  $4p$ , т. е. в послесвечении с увеличением давления происходит селективное заселение этих уровней.

Анализ изменения яркости наиболее интенсивных линий видимой и длинноволновой областей спектра показал, что относительная яркость этих линий (отношение яркости линий в видимой области к яркости линий в длинноволновой) уменьшается с увеличением давления. На рис. 2, а приведена типичная зависимость относительной яркости (для линий 470.2 и 842.4 нм) от давления в послесвечении.

Такое поведение относительной яркости линий может быть вызвано следующими причинами. С одной стороны, яркость длинноволновых линий может возрастать вследствие заселения соответствующих уровней диссоциативной рекомбинацией, роль которой увеличивается с ростом давления. С другой стороны, с ростом давления усиливается роль столкновений, приводящих к безызлучательным переходам с верхних уровней. Это вызывает уменьшение яркости линий в видимой области спектра и, кроме того, может приводить к заселению  $4p$  и  $4p'$ -состояний.

Чтобы выяснить, каким из процессов обусловлено заселение этих уровней, была исследована зависимость относительной яркости линий от давления в импульсе (рис. 2, б).

Температура заряженных частиц в разряде выше, чем в послесвечении. Это означает, что скорость конверсии атомарных ионов в молекулярные, а также скорость рекомбинации в разряде меньше. Поэтому характер изменения относительной яркости, обусловленный диссоциативной рекомбинацией, в разряде должен быть иным, чем в послесвечении — уменьшение ее должно начинаться при больших давлениях. С другой стороны, безызлучательное разрушение верхних уровней за счет соударений в разряде носит такой же характер, как и в послесвечении — изменение относительной яркости линий с увеличением давления в разряде и в послесвечении должно совпадать.

Из рис. 2, видно, что относительная яркость линий в разряде и послесвечении меняется по-разному — в послесвечении ее спад начинается при меньших давлениях. Это позволяет сделать вывод, что селективное заселение  $4p$ - и  $4p'$ -состояний в послесвечении аргона происходит в результате диссоциативной рекомбинации.

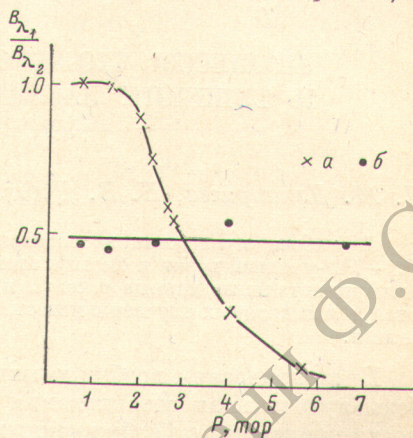


Рис. 2. Зависимость относительной яркости линий 470.2 и 842.4 нм от давления.

а — в послесвечении, б — в импульсе.

#### Литература

- [1] D. R. Bates. Phys. Rev., 77, 718; 78, 492, 1950.
- [2] M. A. Biondi. Phys. Rev., 83, 1078, 1951.
- [3] A. V. Phelps, S. C. Brown. Phys. Rev., 100, 729, 1955.
- [4] L. Frommhold, M. A. Biondi. Phys. Rev., 185, 244, 1969.
- [5] Б. М. Смирнов. ЖЭТФ, 51, 1747, 1966.
- [6] Г. Н. Герасимов, А. В. Куприянов, Ю. А. Снегирев, М. С. Фриш. Ж. прикл. спектр., 15, 131, 1971.

Поступило в Редакцию 13 июля 1976 г.